

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-135456
 (43)Date of publication of application : 18.05.2001

(51)Int.CI.

H01T 13/20
 F02P 13/00
 H01T 21/02

(21)Application number : 11-316997

(71)Applicant : NGK SPARK PLUG CO LTD

(22)Date of filing : 08.11.1999

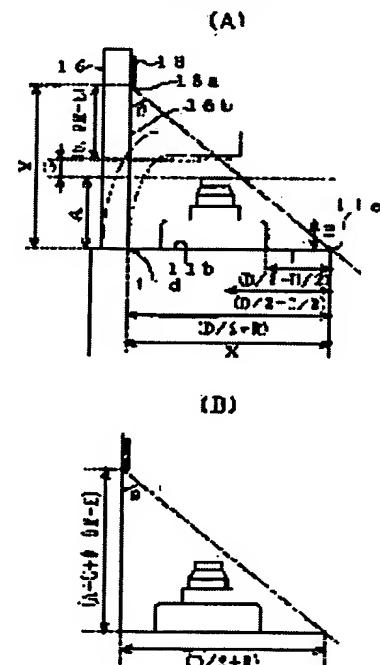
(72)Inventor : MATSUTANI WATARU
 NASU HIROTETSU

(54) SPARK PLUG FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a spark plug for internal combustion engines with high binding strength between a spark-exhaustion resistant electrode-material and an outside electrode, and to realize its manufacturing method.

SOLUTION: Under the condition before forming a spark discharging gap by bending an outside electrode 16, a tip-shaped, spark-exhaustion resistant electrode-material 18 is fitted on the clamp face 16b of the outside electrode 16, the border part between the spark-exhaustion resistant electrode-material 18 and the outside electrode 16 is irradiated with pulse YAG laser L at an incidence angle θ , and the spark-exhaustion resistant electrode-material 18 is welded with the outside electrode 16. Here, in the case the distance from the intersection point 11d between the installation surface 16b and the edge face 11b of a main fittings 11 to the farthest intersection point 11e of the edge face 11b is designated as X, and the distance from the intersection point 11d to the intersection point (nearest point) 18a of the spark-exhaustion resistant electrode-material 18 is designated as Y, by setting up an incidence angle θ satisfying the conditions of $(X/Y) < \tan\theta$ and $\theta \leq 90^\circ$ the whole circumference of the border part can be welded.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.06.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-135456

(P2001-135456A)

(43)公開日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

(51)Int.Cl.
H 01 T 13/20
F 02 P 13/00
H 01 T 21/02

識別記号
3 0 1

F I
H 01 T 13/20
F 02 P 13/00
H 01 T 21/02

テマコード(参考)
E 3 G 0 1 9

3 0 1 J 5 G 0 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21)出願番号	特願平11-316997	(71)出願人	000004547 日本特殊陶業株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
(22)出願日	平成11年11月8日 (1999.11.8)	(72)発明者	松谷 渉 名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本特殊陶業株式会社内

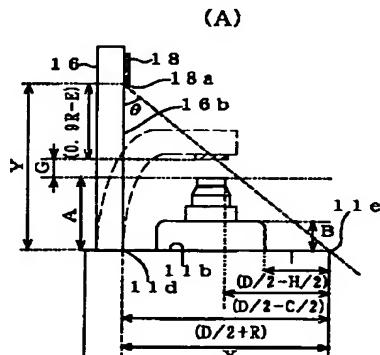
(72)発明者 那須 弘哲
名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本特殊陶業株式会社内
(74)代理人 100095795
弁理士 田下 明人 (外1名)
F ターム(参考) 3G019 KA01
5G059 AA10 CC02 EE10 EE15

(54)【発明の名称】 内燃機関用スパークプラグおよびその製造方法

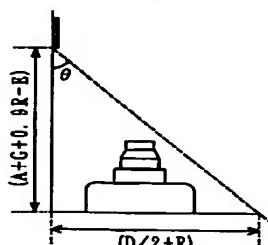
(57)【要約】

【目的】 耐火花消耗電極材と外側電極との接合強度の高い内燃機関用スパークプラグおよびその製造方法を実現する。

【構成】 外側電極16を屈曲させて火花放電ギャップを形成する前の状態で外側電極16の取付面16b上にチップ状の耐火花消耗電極材18を設け、その耐火花消耗電極材18および外側電極16の境界部分に、パルスYAGレーザーを入射角θで照射し、耐火花消耗電極材18を外側電極16に溶接する。ここで、取付面16bと、主体金具11の端面11bとの交点11dから端面11bの最遠端の交点11eまでの距離をXとし、交点11dから耐火花消耗電極材18の交点(最近点)18aまでの距離をYとした場合に、 $(X/Y) < \tan \theta$ であり、かつ、 $\theta \leq 90^\circ$ なる条件を満足する入射角θに設定することにより、境界部分の全周を溶接することができる。



(B)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 軸孔が形成されており、開口した端面を有する内燃機関に取付けるための主体金具の端面に取付けられた外側電極の前記軸孔側の取付面上の耐火花消耗電極材と前記外側電極との境界部分に、エネルギーの集中する光線を前記取付面と前記主体金具の前記端面との交点（以下、第1交点という。）での前記端面に対する鉛直線に対して入射角 θ で照射し、前記耐火花消耗電極材および前記外側電極を溶接するに際し、

前記耐火花消耗電極材の中心を通るように前記主体金具の中心軸方向に切断した断面において、前記第1交点から前記主体金具の中心軸と交差し、前記主体金具の端面の最遠端との交点（以下、第2交点という。）までの距離をXとし、前記第2交点から前記耐火花消耗電極材における前記主体金具の前記端面との最近点に向けて引いた直線を引いた場合の延長線と前記鉛直線との交点（以下、第3交点という。）と、前記第1交点との距離をYとした場合に、

$$(X/Y) < \tan \theta \text{ であり、かつ、} \theta \leq 90^\circ$$

の関係を満足することを特徴とする内燃機関用スパークプラグの製造方法。

【請求項2】 前記主体金具の前記軸孔内には、前記外側電極との間に火花放電ギャップを形成する中心電極が保持された絶縁体が該主体金具の前記端面から突出するよう固定されており、前記主体金具の端面から前記中心電極の先端までの高さをA、

前記端面から突出している前記絶縁体の突出高さをB、前記中心電極の厚みをC、

前記主体金具の前記端面の外径をD、

前記主体金具から突出している絶縁体の前記端面の位置における幅をHとし、

$$\tan \theta a = (D/2 - C/2)/A,$$

$\tan \theta b = (D/2 - H/2)/B$ とした場合において、

$$\theta a > \theta \leq 90^\circ \text{ であり、かつ、} \theta b > \theta \leq 90^\circ$$

の関係を満足することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関用スパークプラグの製造方法。

【請求項3】 前記エネルギーの集中する光線の出射位置から前記光線が照射される耐火花消耗電極材と前記外側電極との境界位置に至るまでの集光角度を θc とした場合に入射角 θ の最小角度 θm は、

$\tan \theta = (X/Y)$ を満足する θ に $\theta c/2$ を加算した角度であり、かつ、 $\theta \leq 90^\circ$ の関係を満足することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の内燃機関用スパークプラグの製造方法。

【請求項4】 前記溶接は、前記外側電極を屈曲させて前記中心電極との間で火花放電ギャップを形成する前に、前記外側電極を前記主体金具に取付け、その外側電極の前記中心電極と対向させる取付面上の耐火花消耗電

極材の中心を通り、前記外側電極の取付面と直交する回転軸を中心にして回転させ、前記エネルギーの集中する光線を前記入射角 θ で前記境界部分に照射することにより行うことを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1つに記載の内燃機関用スパークプラグの製造方法。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4に記載のいずれか1つの内燃機関用スパークプラグの製造方法によって製造された内燃機関用スパークプラグであって、前記耐火花消耗電極材および外側電極の境界部分には、その内部に前記耐火花消耗電極材および外側電極の材料からなる溶融合金部が形成されており、その溶融合金部と、前記チップ状の耐火花消耗電極材および外側電極との境界を放物線で近似した場合において、その放物線の中心軸と、前記外側電極の取付面とがなす角度 θd が、 $(X/Y) < \tan \theta d$ であり、かつ、 $\theta d \leq 90^\circ$ であることを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、火花放電部となる外側電極にチップ状の耐火花消耗電極材を設けた内燃機関用スパークプラグ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、上記内燃機関用スパークプラグの製造方法として、たとえば、図10に示す方法（特開平8-298178号公報）が知られている。まず、内燃機関用スパークプラグの火花放電部側の構成について、それを示す図9を参照して説明する。内燃機関用スパークプラグ10には、主体金具11が備えられている。主体金具11は、開口した端面11bを有する円筒形状に形成されており、その周面には、エンジンブロックに形成された雌ねじにねじ込むための雄ねじが周面に形成されている。主体金具11の内側には、絶縁体12が固定されており、この絶縁体12の内部には、中心電極13が固定されている。中心電極13の先端には、複合電極チップ14が接合されており、この複合電極チップ14は、耐蝕性非貴金属製部材14aの上面に耐火花消耗電極材14cを接合して構成されている。耐蝕性非貴金属製部材14aおよび耐火花消耗電極材14cは、両者が溶融した溶接部14bによって溶接されている。

【0003】また、主体金具11の端面11bのリング状の周縁上には、湾曲形成された外側電極16が接合されており、この外側電極16の先端部下面には、複合電極チップ15が接合されている。この複合電極チップ15と複合電極チップ14との間で放電が行われる。ここで、複合電極チップ15の接合方法について図10を参照して説明する。図10(A)～図10(F)は、複合電極チップ15の製造から外側電極16への溶接までの工程を示す説明図である。図10(A)に示すように、円板形状の耐火花消耗電極材15cと、円柱形状の耐蝕性非貴金属製部材15aとを用意し、図10(B)に示

すように、耐蝕性非貴金属製部材15aの上面に耐火花消耗電極材15cを載せ、それらの境界部分にレーザなどのビームBを照射する。これにより、上記境界部分には、耐蝕性非貴金属製部材15aおよび耐火花消耗電極材15cの溶融による溶接部15bが形成される。統いて、耐蝕性非貴金属製部材15aを周方向へ回転させることにより、図10(C)に示すように、上記境界部分の全周が溶接され、耐蝕性非貴金属製部材15aおよび耐火花消耗電極材15cが接合される。

【0004】そして、図10(D)に示すように、耐蝕性非貴金属製部材15aをカッタ17によって切断し、複合電極チップ15を作成する。統いて、折曲形成して火花放電ギャップを形成する前の外側電極16(図10(E))の先端部(図10(F))に複合電極チップ15を配置し(図10(G))、複合電極チップ15を抵抗溶接によって外側電極16に接合する。統いて、外側電極16を内方に折曲形成し、図9に示したように、複合電極チップ14および複合電極チップ15間で火花放電ギャップを作成する。

【0005】また、従来、内燃機関用スパークプラグの製造方法として、図11に示す方法(特開平9-106880号公報)が知られている。図11(A)～図11(C)は、チップ状の耐火花消耗電極材を中心電極に溶接する工程を示す説明図である。この方法では、図11(A)に示すように、中心電極20の先端に耐火花消耗電極材80を配置し、抵抗溶接機の溶接電極90により、圧力Pおよび投入電流Iで中心電極20および耐火花消耗電極材80の抵抗溶接を行う。統いて、図11(B)に示すように、レーザシを中心電極20の中心軸に対して45°の入射角で耐火花消耗電極材80の外周に沿って照射し、図11(C)に示すように、耐火花消耗電極材80および中心電極20が混ざり合った溶融層81を形成する。これにより、中心電極20に耐火花消耗電極材80が固定される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した従来の前者の方法(特開平8-298178号公報)は、複合電極チップ15を外側電極16に抵抗溶接する際に、抵抗溶接機による機械的な押圧力が加わるため、溶接部15bに亀裂が入る可能性を考慮すると、あまり大きな押圧力で抵抗溶接できない。つまり、あまり大きな押圧力で抵抗溶接できないため、耐火花消耗電極材と外側電極との接合強度が不足するという問題がある。また、上述した後者の方法(特開平9-106880号公報)は、抵抗溶接を用いないため上記問題は発生しないが、耐火花消耗電極材80を外側電極16に溶接する方法として適用すると、従来の問題点を説明する図12に示すように、レーザシがAで示す部分で干渉してしまうため、耐火花消耗電極材80の全周を溶接できない。つまり、耐火花消耗電極材80の全周を溶接できないため、

耐火花消耗電極材と外側電極との接合強度が不足するという問題がある。

【0007】そこで、本発明は、耐火花消耗電極材と外側電極との接合強度の高い内燃機関用スパークプラグおよびその製造方法を実現することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、軸孔が形成されており、開口した端面を有する内燃機関に取付けるための主体金具の端面に取付けられた外側電極の前記軸孔側の取付面上の耐火花消耗電極材と前記外側電極との境界部分に、エネルギーの集中する光線を前記取付面と前記主体金具の前記端面との交点(以下、第1交点といふ。)での前記端面に対する鉛直線に対して入射角θで照射し、前記耐火花消耗電極材および前記外側電極を溶接するに際し、前記耐火花消耗電極材の中心を通るように前記主体金具の中心軸方向に切断した断面において、前記第1交点から前記主体金具の中心軸と交差し、前記主体金具の端面の最遠端との交点(以下、第2交点といふ。)までの距離をXとし、前記第2交点から前記耐火花消耗電極材における前記主体金具の前記端面との最近点に向けて引いた直線を引いた場合の延長線と前記鉛直線との交点(以下、第3交点といふ。)と、前記第1交点との距離をYとした場合に、 $(X/Y) < \tan\theta$ であり、かつ、 $\theta \leq 90^\circ$ の関係を満足するという技術的手段を用いる。

【0009】請求項2に記載の発明では、請求項1に記載の内燃機関用スパークプラグの製造方法において、前記主体金具の前記軸孔内には、前記外側電極との間に火花放電ギャップを形成する中心電極が保持された絶縁体が該主体金具の前記端面から突出するように固定されており、前記主体金具の端面から前記中心電極の先端までの高さをA、前記端面から突出している前記絶縁体の突出高さをB、前記中心電極の厚みをC、前記主体金具の前記端面の外径をD、前記主体金具から突出している絶縁体の前記端面の位置における幅をHとし、 $\tan\theta_a = (D/2 - C/2)/A$ 、 $\tan\theta_b = (D/2 - H/2)/B$ とした場合において、 $\theta_a > \theta \leq 90^\circ$ であり、かつ、 $\theta_b > \theta \leq 90^\circ$ の関係を満足するという技術的手段を用いる。

【0010】請求項3に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の内燃機関用スパークプラグの製造方法において、前記エネルギーの集中する光線の出射位置から前記光線が照射される耐火花消耗電極材と前記外側電極との境界位置に至るまでの集光角度をθcとした場合に入射角θの最小角度θmは、 $\tan\theta = (X/Y)$ を満足するθに $\theta_c/2$ を加算した角度であり、かつ、 $\theta \leq 90^\circ$ の関係を満足するという技術的手段を用いる。

【0011】請求項4に記載の発明では、請求項1ないし請求項3のいずれか1つに記載の内燃機関用スパーク

プラグの製造方法において、前記溶接は、前記外側電極を屈曲させて前記中心電極との間で火花放電ギャップを形成する前に、前記外側電極を前記主体金具に取付け、その外側電極の前記中心電極と対向させる取付面上の耐火花消耗電極材の中心を通り、前記外側電極の取付面と直交する回転軸を中心にして回転させ、前記エネルギーの集中する光線を前記入射角 θ で前記境界部分に照射することにより行うという技術的手段を用いる。

【0012】請求項5に記載の発明では、請求項1ないし請求項4に記載のいずれか1つの内燃機関用スパークプラグの製造方法によって製造された内燃機関用スパークプラグであって、前記耐火花消耗電極材および外側電極の境界部分には、その内部に前記耐火花消耗電極材および外側電極の材料からなる溶融合金部が形成されており、その溶融合金部と、前記チップ状の耐火花消耗電極材および外側電極との境界を放物線で近似した場合において、その放物線の中心軸と、前記外側電極の取付面とがなす角度 θ_d が、 $(X/Y) < \tan\theta_d$ であり、かつ、 $\theta_d \leq 90^\circ$ であるという技術的手段を用いる。

【0013】

【作用および効果】請求項1ないし請求項4に記載の発明では、エネルギーの集中する光線をチップ状の耐火花消耗電極材および外側電極の境界部分に $(X/Y) < \tan\theta$ であり、かつ、 $\theta \leq 90^\circ$ の条件を満たす入射角 θ で照射する。ここで、Xは、取付面と主体金具の端面との交点（第1交点）から主体金具の中心軸と交差し、前記主体金具の端面の最遠端との交点（第2交点）までの距離である。また、Yは、前記第2交点から耐火花消耗電極材における主体金具の端面との最近点（端面に最も近い点）に向けて直線を引いた場合の延長線と第1交点での前記端面に対する鉛直線との交点（第3交点）と、前記第1交点との距離である。したがって、 $(X/Y) = \tan\theta$ を満たす θ は、外側電極が主体金具の端面に垂直に取付けられた場合に、ちょうど主体金具の上記端部から、耐火花消耗電極材と外側電極との境界部分のうち上記交点に近い方の境界部分に向けて照射した場合の入射角となる。つまり、エネルギーの集中する光線を $(X/Y) < \tan\theta$ であり、かつ、 $\theta \leq 90^\circ$ の条件を満たす入射角 θ で上記境界部分に照射すれば、上記境界部分の全周を溶接することができる。これにより、耐火花消耗電極材および外側電極の接合強度を高めることができる。

【0014】特に、請求項2に記載の発明では、エネルギーの集中する光線をチップ状の耐火花消耗電極材および外側電極の境界部分に $\tan\theta_a = (D/2 - C/2)/A$ 、 $\tan\theta_b = (D/2 - H/2)/B$ とした場合において、 $\theta_a > \theta \leq 90^\circ$ であり、かつ、 $\theta_b > \theta \leq 90^\circ$ の条件を満たす入射角 θ で照射する。ここで、Aは、主体金具の端面から中心電極の先端までの高さであり、Bは、上記端面から突出している絶縁体の突出高さ

であり、Cは、中心電極の幅であり、Dは、主体金具の上記端面の外径であり、Hは、主体金具から突出している絶縁体が上記端面と交差している幅である。したがって、 $\tan\theta_a = (D/2 - C/2)/A$ を満たす θ_a は、ちょうど主体金具の上記端部から、中心電極の先端の両角部のうち主体金具の上記最遠端に近い方の角部に照射した場合の入射角となる。また、 $\tan\theta_b = (D/2 - H/2)/B$ を満たす θ_b は、ちょうど主体金具の上記端部から、絶縁体の上端の両角部のうち主体金具の上記最遠端に近い方の角部に照射した場合の入射角となる。つまり、エネルギーの集中する光線を $\theta_a > \theta \leq 90^\circ$ であり、かつ、 $\theta_b > \theta \leq 90^\circ$ の条件を満たす入射角 θ で上記境界部分に照射すれば、主体金具の端面の上記端部、中心電極の先端の角部および絶縁体の上端の角部が障害となることなく、上記境界部分の全周を溶接することができる。

【0015】また、請求項3に記載の発明では、 $\tan\theta = (X/Y)$ を満足する θ に $\theta_c/2$ を加算した角度であり、かつ、 $\theta \leq 90^\circ$ の条件を満たす角度を入射角 θ の最小角度 θ_m とする。ここで、 θ_c は、エネルギーの集中する光線の出射位置から前記光線が照射される耐火花消耗電極材と前記外側電極との境界位置に至るまでの集光角度である。つまり、エネルギーの集中する光線に所定の集光角度 θ_c がある場合、光線の光軸に基づいて入射角 θ を設定すると、その入射角 θ の最小角度近傍では、光線の外縁が主体金具の端部などに干渉する場合を考えられるが、集光角度 θ_c の $1/2$ の角度を加味することにより、光線の外縁の干渉をなくすことができる。これにより、エネルギー効率を高めることができるために、接合強度をより一層高めることができる。

【0016】さらに、請求項4に記載の発明では、外側電極を屈曲させて中心電極との間で火花放電ギャップを形成する前に、外側電極を主体金具に取付け、その外側電極の中心電極側の取付面上の耐火花消耗電極材の中心を通り、外側電極の取付面と直交する回転軸を中心にして回転させ、エネルギーの集中する光線を入射角 θ で境界部分に照射することにより、耐火花消耗電極材および外側電極を溶接する。つまり、エネルギーの集中する光線を入射角 θ に固定し、内燃機関用スパークプラグを回転させることにより、耐火花消耗電極材および外側電極を溶接することができる。

【0017】そして、請求項5に記載の発明では、請求項1ないし請求項4に記載のいずれか1つの内燃機関用スパークプラグの製造方法によって製造された内燃機関用スパークプラグであって、耐火花消耗電極材および外側電極の境界部分には、その内部に耐火花消耗電極材および外側電極の材料からなる溶融合金部が形成されており、その溶融合金部と、耐火花消耗電極材および外側電極との境界を放物線で近似した場合において、その放物線の中心軸と、外側電極の取付面とがなす角度 θ_d が、

$(X/Y) < \tan \theta d$ であり、かつ、 $\theta d \leq 90^\circ$ であるという技術的手段を採用する。つまり、エネルギーの集中する光線は、その焦点においてエネルギーが最大となり、その焦点から外れるにしたがってエネルギーが小さくなるため、溶融合金部の形状は、ほぼ光線の形状に対応する形状になる。そして、光線の入射角が変化すると光軸も傾き、それに伴って上記放物線の中心軸も傾く。したがって、上記放物線の中心軸が外側電極となす角度 θd が、 $(X/Y) < \tan \theta d$ であり、かつ、 $\theta d \leq 90^\circ$ である場合は、その内燃機関用スパークプラグは、請求項1ないし請求項4のいずれか1つに記載の内燃機関用スパークプラグの製造方法によって製造されたものとなる。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明者らは、チップ状の耐火花消耗電極材と外側電極との接合強度の高い内燃機関用スパークプラグを製造するための実験を行った。この実験では、エネルギーの集中する光線としてパルスYAGレーザを用いた。そして、外側電極を屈曲形成して火花放電ギャップを形成する前に、パルスYAGレーザを照射することにより、外側電極とチップ状の耐火花消耗電極材とを接合する手法を用い、その手法を用いるための条件を求めた。最初に、本実験に用いた装置の主要構成について、それを示す図1を参照して説明する。本実験装置には、パルスYAGレーザ発振器30と、このパルスYAGレーザ発振器30から出射されたパルスYAGレーザを集光する集光レンズ31と、この集光レンズ31から出射されたパルスYAGレーザを導く光ファイバ32と、この光ファイバ32から出射されたパルスYAGレーザを照射位置へ導く出射ユニット33とが備えられている。

【0019】次に本実験に用いた内燃機関用スパークプラグ先端部の各構成部材の寸法について図2および図3(A)を参照して説明する。図2(A)および図2(B)は、内燃機関用スパークプラグ10の火花放電側の先端部を示す部分説明図である。図3(A)は、外側電極および耐火花消耗電極材の溶接部分の縦断面を拡大して示す説明図である。また、本実験は、M10、M12およびM14の各タイプの内燃機関用スパークプラグを用いて行った。Mの次の数字は、主体金具11の周面に形成されたねじ山の頂間の直径(最大径(単位mm))をそれぞれ示す。また、各タイプのねじ先部の直径(最小径(単位mm))は、それぞれ8.5mm、10.1mm、12.1mmである。なお、図9に示した従来の内燃機関用スパークプラグと同一の構成部材については同一の符号を用いる。

【0020】主体金具11の最小径をDとする。耐火花消耗電極材14cの中心軸P1と、端面11bとが交差する交点11cから、外側電極16の基部16aの取付面16b側が端面11bと交差する交点(第1交点)1

1dまでの距離をRとする。端面11bから耐火花消耗電極材14cの先端までの高さ(以下、出寸法と称する)をAとし、耐火花消耗電極材14cと耐火花消耗電極材18との間に形成される火花放電ギャップをGとする。耐火花消耗電極材14cの直径をCとし、端面11bから突出している絶縁体12が端面11bと交差する幅をHとする。また、図2(A)において破線で示すように、外側電極18を屈曲させて火花放電ギャップを形成する前の状態において、取付面16bと主体金具11の端面11bとの交点(第1交点)11dから主体金具11の中心軸P1と交差し、主体金具11の端面11bの最遠端との交点(第2交点)11eまでの距離をXとし、交点11eから耐火花消耗電極材18における主体金具11の端面11bとの最近点(端面11bに最も近い点)に向けて直線を引いた場合の延長線N1と交点11bでの端面11bに対する鉛直線N2との交点(第3交点)18aと、交点11bとの距離をYとする。なお、図2(A)に示すように、外側電極18を端面11bに垂直に溶接した場合には、耐火花消耗電極材18の最近点と第3交点18aとは一致するが、図2(B)に示すように、外側電極18を端面11bに対して中心電極13側に傾けて溶接した場合は、耐火花消耗電極材18の最近点と第3交点18aとは一致しない。

【0021】さらに、図1に示すように、パルスYAGレーザを照射して耐火花消耗電極材18を外側電極16に溶接すると、耐火花消耗電極材18および外側電極16の混合物質によりなる溶融合金部19が、耐火花消耗電極材18および外側電極16の境界周囲に形成される。そこで、図3(A)に示すように、外側電極16および耐火花消耗電極材18を耐火花消耗電極材18の中心を通るように切断すると、溶融合金部19の断面19aおよび19bが表れる。そして、一方の断面19aと外側電極16の断面との交点19cから、断面19aと耐火花消耗電極材18の断面との交点19dに至るまでの外縁19eの略中央を点P2とし、他方の断面19bと外側電極16の断面との交点19fから、断面19bとチップ状の耐火花消耗電極材18の断面との交点19gに至るまでの外縁19hの略中央を点P3とした場合の点P2から点P3までの直線距離をEとする。

【0022】次に本実験の内容について図3(B)、図4および図5を参照して説明する。図3(B)は、溶融合金部の放物線の中心軸と外側電極とが成す角度を説明する説明図である。図4(A)ないし図4(C)は、火花放電ギャップGおよび出寸法Aの違いによる入射角の変化を調べた実験内容を示す説明図であり、図4(D)は、外側電極の取付位置が内外にずれた場合の入射角の変化を調べた実験内容を示す説明図である。図5(E)は、出寸法A=5mmのM10、M12およびM14の各タイプの入射角を調べた実験内容を示す説明図であり、図5(F)は、出寸法A=5mmのM10の内燃機

関用スパークプラグにおける入射角を示す説明図であり、図5 (G) および図5 (H) は、パルスYAGレーザの焦点距離の違いによる集光角度の変化を示す説明図である。

【0023】本発明者らは、主体金具11と干渉しないようにするために必要なパルスYAGレーザLの最小入射角について、火花放電ギャップGおよび出寸法Aを変化させて調べた。最初に、図4 (A) に示すように、出寸法Aが2mmのM14を用い、火花放電ギャップGを0.5mm、1.0mm、1.5mmに変化させた場合のパルスYAGレーザLの入射角θについて調べた。また、チップ状の耐火花消耗電極材18の外側電極16への溶接は、その方法を説明する図8に示すように、耐火花消耗電極材18の中心を通り、外側電極16の取付面16bと直交する線を回転軸Wに設定し、内燃機関用スパークプラグ10自身を回転軸Wを中心に回転させ(矢印F1で示す方向)、パルスYAGレーザLを一定の入射角θで耐火花消耗電極材18および外側電極16の境界に照射して行った。

【0024】なお、耐火花消耗電極材14cは、 $I_r = 20 \text{ wt\% Rh}$ や $I_r - 5 \text{ wt\% Pt}$ などのPtやRhを含んだIr合金によって形成されており、外側電極16は、Cu合金の芯およびNi合金の外皮より形成されている。外側電極16の長さは10mmであり、外側電極16の先端から耐火花消耗電極材18の中心までの距離は1mmである。また、耐火花消耗電極材14cの径および厚みは約1.2mm×0.5mmである。さらに、パルスYAGレーザLの照射エネルギーは3Jであり、照射時間は5msである。そして、内燃機関用スパークプラグ10を1回転/s～0.5回転/sで1回転させた。その結果、上記3種類の火花放電ギャップGのいずれの場合でも、パルスYAGレーザLを照射して耐火花消耗電極材18を外側電極16に溶接することができた。そしてその時のパルスYAGレーザLの入射角θは、図4 (A) に示すように、火花放電ギャップG=0.5mmの場合が59°であり、火花放電ギャップG=1.0mmの場合が57°であり、火花放電ギャップG=1.5mmの場合が55°であった。

【0025】次に本発明者らは、図4 (B) に示すように、出寸法Aを3.5mmに固定し、火花放電ギャップGを0.5mm、1.0mm、1.5mmに変化させた場合のパルスYAGレーザLの入射角θについて調べた。なお、主体金具11から突出している絶縁体12が主体金具11と交差する幅(本実施形態では外径)H=5.1mmである。その結果、上記3種類の火花放電ギャップGのいずれの場合でも、パルスYAGレーザLを照射して耐火花消耗電極材18を外側電極16に溶接することができた。そしてその時のパルスYAGレーザLの入射角θは、図4 (B) に示すように、火花放電ギャップG=0.5mmの場合は入射角θ=54°であり、

火花放電ギャップG=1.0mmの場合は入射角θ=52°であり、火花放電ギャップG=1.5mmの場合は入射角θ=50°であった。

【0026】次に本発明者らは、図4 (C) に示すように、出寸法Aを5.0mmに固定し、火花放電ギャップGを0.5mm、1.0mm、1.5mmに変化させた場合のパルスYAGレーザLの入射角θについて調べた。その結果、上記3種類の火花放電ギャップGのいずれの場合でも、パルスYAGレーザLを照射して耐火花消耗電極材18を外側電極16に溶接することができた。そしてその時のパルスYAGレーザLの入射角θは、図4 (C) に示すように、火花放電ギャップG=0.5mmの場合は入射角θ=49°であり、火花放電ギャップG=1.0mmの場合は入射角θ=47°であり、火花放電ギャップG=1.5mmの場合は入射角θ=46°であった。

【0027】次に本発明者らは、図4 (D) に示すように、外側電極16の取付位置が内外に1mmずれた場合の入射角θについて、出寸法Aが2.0mmの場合と5.0mmの場合について調べた。その結果、図4 (D) に示すように、外側電極16の取付位置が内外に1mmずれても、いずれの出寸法の場合も、パルスYAGレーザLの光軸は、ほぼ一致し、入射角θは、ほとんど変化せず、耐火花消耗電極材18を外側電極16に溶接することができた。

【0028】次に本発明者らは、図5 (E) に示すように、出寸法Aが5.0mmのM10、M12およびM14についてのパルスYAGレーザLの入射角θについて調べた。その結果、図5 (E) に示すように、M12の場合は入射角θ=43°であり、M14の場合は入射角θ=46°であり、いずれの場合もパルスYAGレーザLを照射して耐火花消耗電極材18を外側電極16に溶接することができた。しかし、M10の場合は、パルスYAGレーザLが、絶縁体12および中心電極14cに干渉するため溶接できないことが分かった。そのときの入射角θは38°であった。そこで、本発明者らは、出寸法A=5.0mm、絶縁体12の幅H=4mm、中心電極14cの径C=0.6mmのM10について実験した結果、入射角θ=41°で溶接できることが分かった。

【0029】ところで、図1に示したように、出射ユニット33から出射したパルスYAGレーザLは、所定のビーム径を有しており、所定の角度(以下、集光角度と称する)を持って焦点に集光されるため、パルスYAGレーザLの外縁がどこにも干渉しないようにするために、入射角θに集光角度を加味する必要がある。そこで、本発明者らは、図5 (G) に示すように、3タイプの中で最も大きい入射角を必要とするM14タイプに対して、焦点距離f=80mm、ビームの元径2cm、照射位置におけるビーム径0.4mmのパルスYAGレー

ザしを照射する場合のビームの光軸の入射角 θ について調べた。その結果、ビームの集光角度 $\theta_1 = 20^\circ$ であるため、ビームの光軸の入射角 $\theta = 46^\circ + (\theta_1/2) = 46^\circ + 10^\circ = 56^\circ$ となった。つまり、パルスYAGレーザがどこにも干渉しないようにするために、ビームの集光角度 $\theta_1 = 20^\circ$ の $1/2$ の角度 10° を加味する必要があり、M14タイプでは、 $56^\circ < \theta \leq 90^\circ$ に設定する必要があることが分かった。

【0030】また本発明者らは、図5(H)に示すように、M14の内燃機関用スパークプラグに対して、焦点距離 $f = 160\text{mm}$ 、ビームの元径 2cm 、照射位置におけるビーム径 0.4mm のパルスYAGレーザLを照射する場合の入射角 θ について調べた。その結果、ビームの集光角度 $\theta_2 = 10^\circ$ であるため、入射角 $\theta = 46^\circ + (\theta_2/2) = 46^\circ + 5^\circ = 51^\circ$ となった。つまり、上記パルスYAGレーザが全く干渉しないようにするために、ビームの集光角度 $\theta_2 = 10^\circ$ の $1/2$ の角度 5° を加味する必要があり、M14タイプでは、 $51^\circ < \theta \leq 90^\circ$ に設定する必要があることが分かった。

【0031】そして、上述した各実験結果より、パルスYAGレーザLを $(X/Y) < \tan \theta$ の条件を満足する θ の入射角で照射することにより、耐火花消耗電極材18を外側電極16に溶接できることが分かった。また、 $\theta > 90^\circ$ の場合は、良好な溶接を行うことができないことが分かった。したがって、パルスYAGレーザLの入射角 θ は、 $(X/Y) < \tan \theta$ であり、かつ、 $\theta \leq 90^\circ$ を満足する θ に設定することが望ましいことが分かった。また、どのタイプにおいてもパルスYAGレーザLをどこにも干渉することなく照射するための条件は、焦点距離 $f = 80\text{mm}$ のパルスYAGレーザを用いる場合は、入射角 θ を $56^\circ < \theta \leq 90^\circ$ の範囲に設定し、焦点距離 $f = 160\text{mm}$ のパルスYAGレーザを用いる場合は、入射角 θ を $51^\circ < \theta \leq 90^\circ$ の範囲に設定する必要があることが分かった。

【0032】また、本発明者らは、パルスYAGレーザLの入射角 θ と各寸法との関係について調べた。その関係を示す図6(A)に示すように、距離Yは、 $Y = A + G + (0.9R - E)$ で表すことができる。ここで、 $(0.9R - E)$ は、火花放電ギャップGの上端からチップ状の耐火花消耗電極材18に至るまでの直線距離を示しており、各種タイプの内燃機関用スパークプラグについて同距離を測定した結果、経験的に求められた式である。また、距離Xは、 $X = D/2 + R$ で表すことができる。つまり、図6(B)に示すように、 $\tan \theta = X/Y = (D/2 + R) / (A + G + (0.9R - E))$ で表すことができる。

【0033】また、図7(C)に示すように、主体金具11の交点11eから、耐火花消耗電極材14cの先端の両角部のうち上記交点11eに近い方の角部14dま

での直線距離は、 $(D/2 - C/2)$ となるため、主体金具11の交点11eから上記角部14dへ照射した場合の入射角 θ_a は、 $\tan \theta_a = (D/2 - C/2) / A$ を満たす θ_a となる。したがって、パルスYAGレーザLを照射するためには、入射角 $\theta < \theta_a$ でなければならないことが分かった。

【0034】さらに、図7(D)に示すように、主体金具11の交点11eから、絶縁体12の上端の両角部のうち上記交点11eに近い方の角部12aまでの直線距離は、 $(D/2 - H/2)$ となるため、主体金具11の交点11eから上記角部12aへ照射した場合の入射角 θ_b は、 $\tan \theta_b = (D/2 - H/2) / B$ を満たす θ_b となる。したがって、パルスYAGレーザLを照射するためには、入射角 $\theta < \theta_b$ でなければならないことが分かった。つまり、パルスYAGレーザLを照射するためには、 $(X/Y) < \tan \theta$ 、 $\theta < \theta_a$ 、 $\theta < \theta_b$ であり、かつ、 $\theta \leq 90^\circ$ の条件を満足する必要があることが分かった。

【0035】次に本発明者らは、上述した内燃機関用スパークプラグの製造方法によって製造した内燃機関用スパークプラグにおけるチップ状の耐火花消耗電極材18の溶接部分について調べた。その溶接部分の拡大断面説明図である図3(B)に示すように、溶融合金部19の断面19bと、外側電極16およびチップ状の耐火花消耗電極材18との境界線を放物線19iで近似し、その放物線19iの中心軸P4と外側電極16の取付面とのなす角度 θ_c を測定したところ、パルスYAGレーザLの入射角 θ とほぼ同一であった。そして、入射角 θ を $(X/Y) < \tan \theta$ であり、かつ、 $\theta \leq 90^\circ$ の範囲で変化させると、 θ_c もほぼ同じように変化した。つまり、角度 θ_c は、パルスYAGレーザLの入射角 θ とほぼ同一であり、 $(X/Y) < \tan \theta_c$ であり、かつ、 $\theta_c \leq 90^\circ$ の条件を満たす内燃機関用スパークプラグは、上述した本発明の製造方法によって製造されたものであることを証明できることが分かった。

【0036】以上のように、本実施形態の内燃機関用スパークプラグの製造方法を用いれば、耐火花消耗電極材と外側電極との接合強度が高い内燃機関用スパークプラグを製造することができる。なお、上記実施形態では、外側電極16が主体金具11の端面11bに対して垂直に溶接された場合について説明したが、図2(B)に示すように、中心電極13側に傾いて溶接された場合などでも同様に本発明を適用することができる。また、上記実施形態では、エネルギーの集中する光線としてレーザを用いたが、電子ビームなどを用いることもできる。また、上記実施形態では、内燃機関用スパークプラグとしてM10、M12およびM14の3タイプを製造する場合を説明したが、他のタイプの内燃機関用スパークプラグにも本発明を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施形態で行った実験に用いた装置の主要構成を示す説明図である。

【図2】図2（A）および図2（B）は、内燃機関用スパークプラグ10の火花放電側の先端部を示す部分説明図であり、図2（B）は、外側電極16が主体金具11の端面11bに対して中心電極13側に傾いて溶接された場合の説明図である。

【図3】図3（A）は、外側電極および耐火花消耗電極材の溶接部分の縦断面を拡大して示す説明図であり、図3（B）は、溶融合金部の放物線の中心軸と外側電極とが成す角度を説明する説明図である。

【図4】図4（A）ないし図4（C）は、火花放電ギャップGおよび出寸法Aの違いによる入射角の変化を調べた実験内容を示す説明図であり、図4（D）は、外側電極の取付位置が内外にずれた場合の入射角の変化を調べた実験内容を示す説明図である。

【図5】図5（E）は、出寸法A=5mmのM10、M12およびM14の各タイプの入射角を調べた実験内容を示す説明図であり、図5（F）は、出寸法A=5mmのM10の内燃機関用スパークプラグにおける入射角を示す説明図であり、図5（G）および図5（H）は、パルスYAGレーザの焦点距離の違いによる集光角度の変化を示す説明図である。

【図6】図6（A）および図6（B）は、パルスYAGレーザLの入射角θと各寸法との関係を示す説明図である。

【図7】図7（C）は、耐火花消耗電極材が障害にならないようにパルスYAGレーザを照射するための入射角を示す説明図であり、図7（D）は、絶縁体が障害にならないようにパルスYAGレーザを照射するための入射角を示す説明図である。

【図8】耐火花消耗電極材18の外側電極16への溶接

方法を示す説明図である。

【図9】従来の内燃機関用スパークプラグの火花放電部側の構成を示す説明図である。

【図10】従来の内燃機関用スパークプラグの製造方法を示す説明図である。

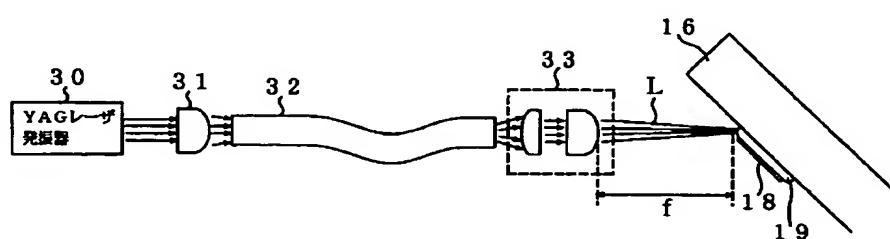
【図11】従来の内燃機関用スパークプラグの製造方法を示す説明図である。

【図12】従来の問題点を示す説明図である。

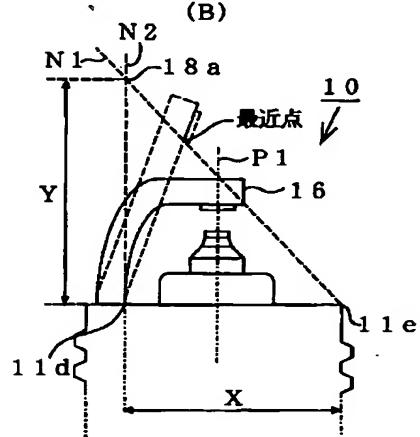
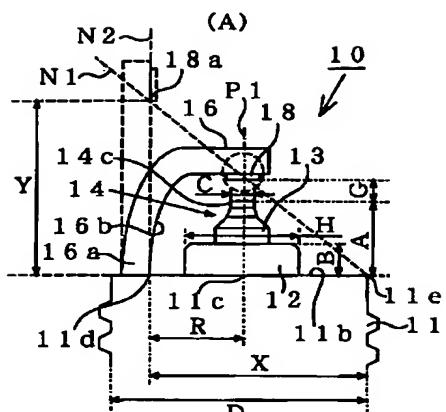
【符号の説明】

10	内燃機関用スパークプラグ
11	主体金具
11b	端面（主体金具の端面）
11d	交点（外側電極の取付面と主体金具の端面との交点：第1交点）
11e	交点（第1交点から主体金具の中心軸と交差し、主体金具の端面の最遠端との交点：第2交点）
12	絶縁体
13	中心電極
16	外側電極
16b	取付面（外側電極の中心電極側の取付面）
18a	第3交点
19	溶融合金部
19b	断面
19i	放物線
L	パルスYAGレーザ
P1	中心軸（中心電極の中心軸）
P4	放物線の中心軸
W	回転軸
θ	入射角
θc	角度（中心軸P4と外側電極16の取付面16bとが成す角度）

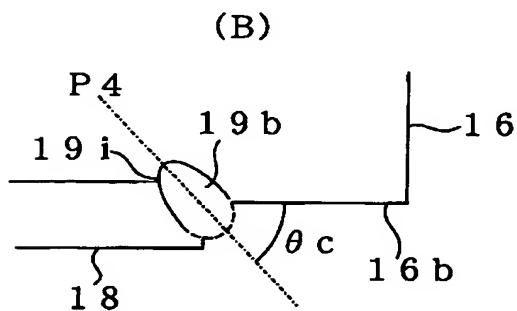
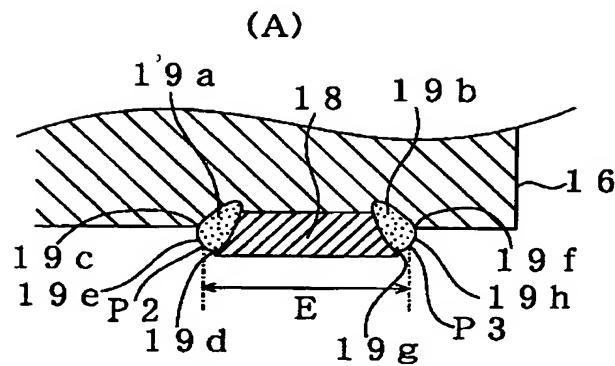
【図1】



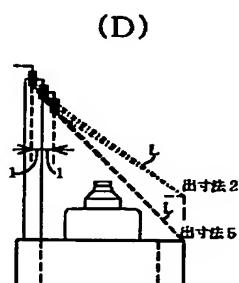
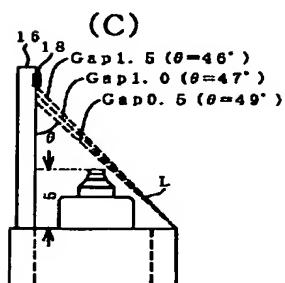
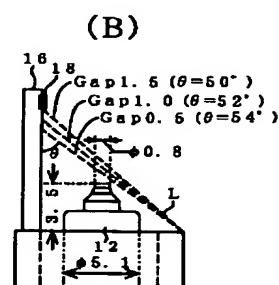
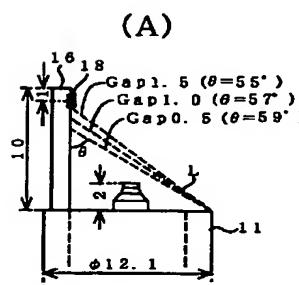
【図2】



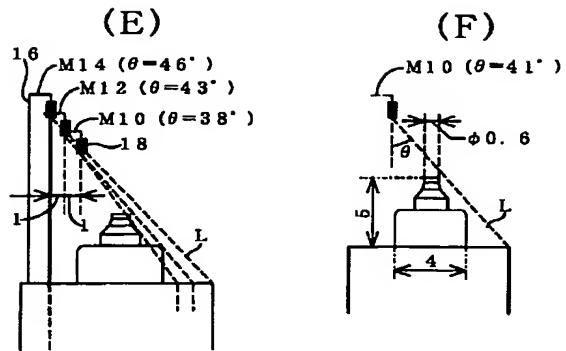
【図3】



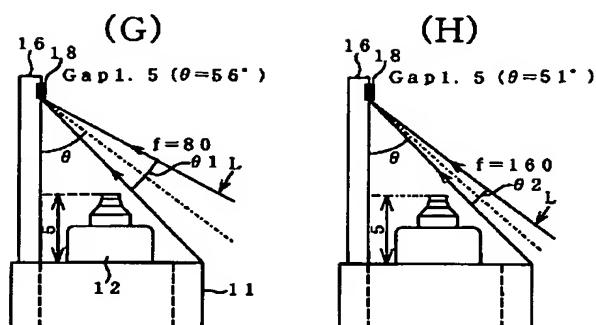
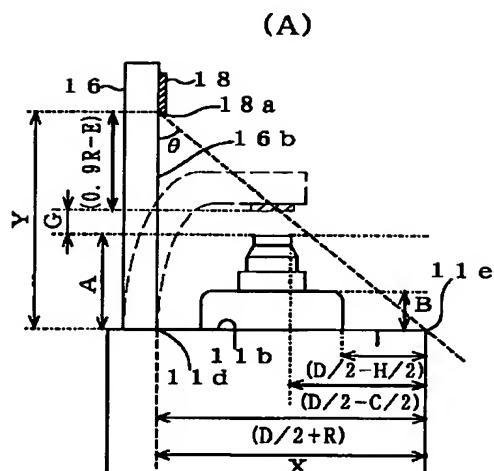
【図4】



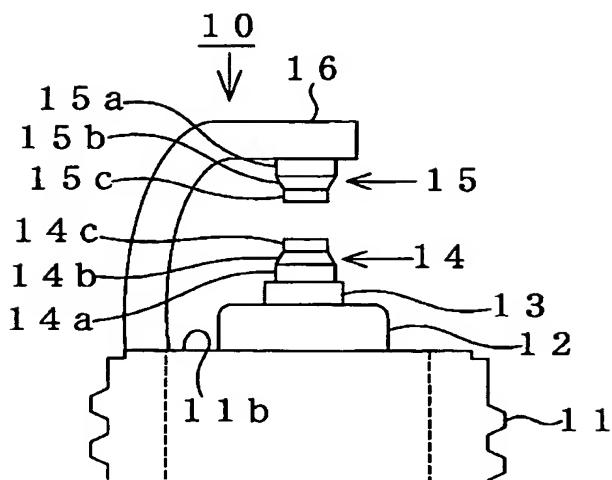
【図5】



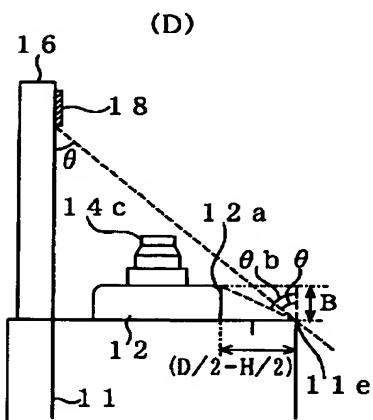
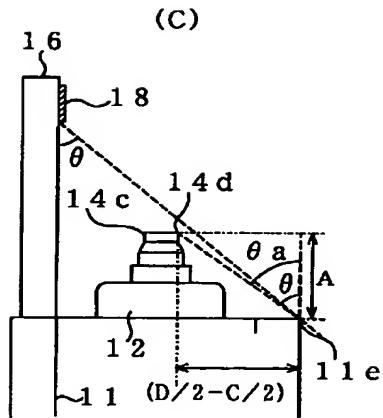
【図6】



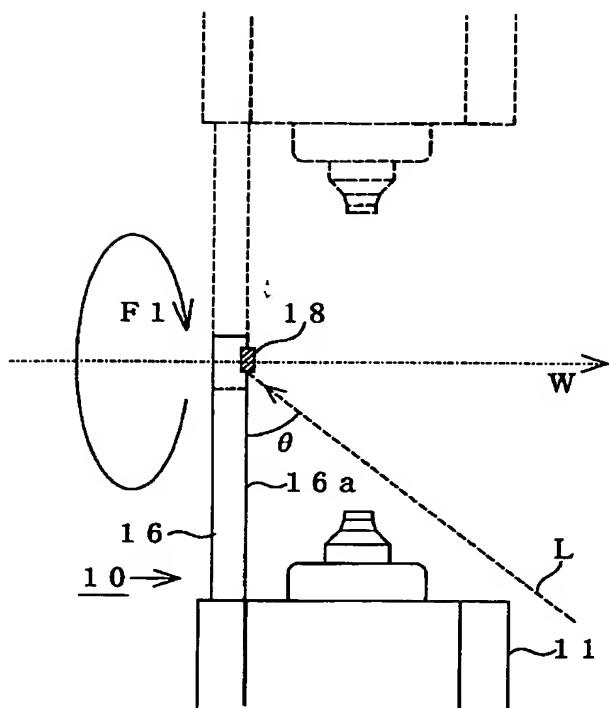
【図9】



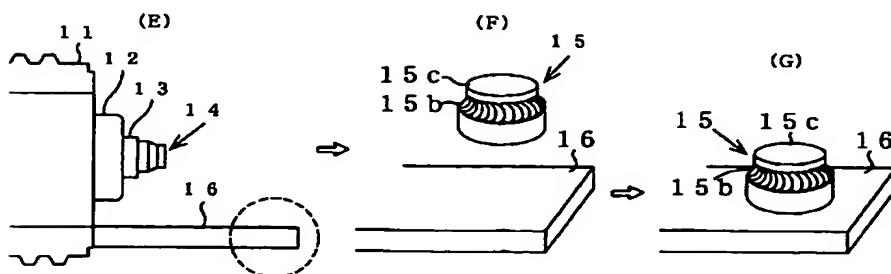
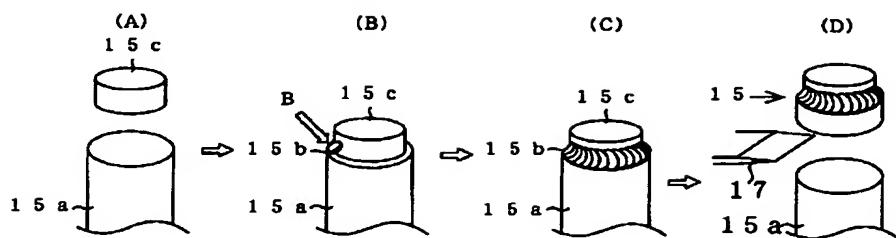
【図7】



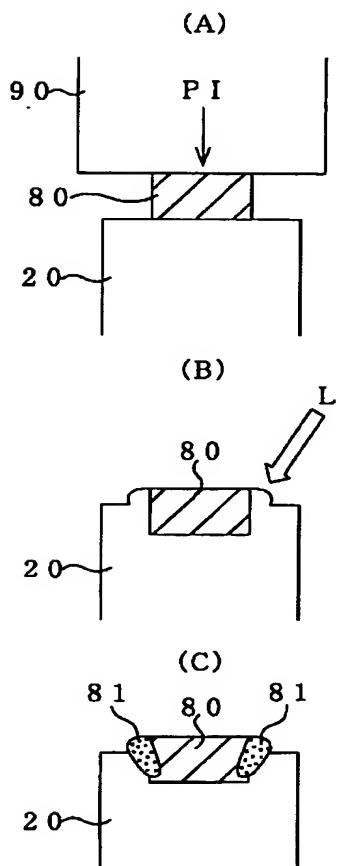
【図8】



【図10】



【図11】



【図12】

